4Д

УДК 681.5:681.324

М.М. Демчина, В.І. Шекета, Ю.Л. Романишин
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна
Україна, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15

Система інтелектуальної підтримки прийняття оптимальних рішень в процесі буріння

M.M. Demchyna, V.I. Sheketa, Y.L. Romanyshyn
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
Ukraine,76019, c. Ivano-Frankivsk, Karpatska Str, 15

The Intelligible System for Optimal Decision Making Support by Well Drilling

М.М. Демчина, В.И. Шекета, Ю.Л. Романишин
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина
Украина, 76019, г. Ивано-Франковск, ул. Карпатская 15

Система интеллектуальной поддержки принятия оптимальных решений в процессе бурения

У статті представлена методика прийняття оптимальних рішень в процесі буріння нафтових і газових свердловин на основі оперування з цільовими функціями обчислення доцільностей вихідних технологічних параметрів, що забезпечує інтелектуальну підтримку прийняття рішень при встановленні значень керованих параметрів технологічного процесу буріння.
Ключові слова: прийняття рішень, інтелектуальні системи, оптимізація, функції доцільності, буріння свердловин.

The methods for optimal decision making support in the process of oil and gas wells drilling is presented based on utility functions calculation for the output technological parameters, that provides an intelligible decision support by defining of values substitutions for controlled parameters of drilling process.
Key words: decision making, intelligible systems, optimization, utility functions, wells drilling.

Представлена методика принятия оптимальных решений в процессе бурения нефтяных и газовых скважин на основе целевых функций вычисления целесообразностей выходных технологических параметров, что обеспечивает интеллектуальную поддержку принятия решений при установлении значений управляемых параметров технологического процесса бурения.
Ключевые слова: принятие решений, интеллектуальные системы, оптимизация, функции целесообразности, бурение скважин.

Вступ

Неможливо приймати якісні рішення без доступу до відповідної інформації. Аналіз існуючих апаратів прийняття рішень [1-4] показує, що в багатьох випадках існують складності з середовищем прийняття рішень, а також, як показує досвід, метод спроб і помилок в більшості випадків є надто вартісним та неефективним. Використання моделей при прийнятті рішень дозволяє зменшити їх вартість і зробити застосування процесу спроб та помилок більш ефективним.

Коли виникає певна проблема в предметній області, необхідна консультація експерта предметної області для того, щоб отримати відповідну допомогу в процесі

прийняття рішення. Експерт предметної області повинен мати спеціальні знання і досвід в предметній області. Зрозуміло, що чим менш структурована проблемна область, тим більш спеціалізовані і вартісні поради експерта предметної області. Зокрема при рішенні комплексних проблем наявність досвіду дає можливість експертам приймати кращі і швидші рішення порівняно з неекспертами предметної області.

Очікувані переваги застосування систем інтелектуальної підтримки прийняття рішень (СІППР) в процесі буріння [5], [6] полягатимуть у підвищенні якості прийняття рішень, покращенні комунікаційної взаємодії між операторами технологічного процесу, зменшенні вартості проекту свердловини, збільшенні загальної продуктивності, економії часу і підвищення загального рівня автоматизації та інтелектуалізації проекту свердловини.

Крім методологічного аспекту, зрозуміло, що проектована інтелектуальна система повинна мати характеристики, які в загальному випадку асоціюватимуться з інтелектуальністю оператора технологічного процесу [7]. Відповідно інтелектуальна система повинна демонструвати певні види інтелектуальної поведінки, аналогічно до тієї, яка застосовується оператором, що на програмному рівні забезпечується відповідним динамізмом генерації рішень, в тому числі оптимальних [8], [9]. Таким чином, чим більш інтелектуальною є поведінка, що демонструє система у плані своєї функціональності, тим більш потужні повинні бути засоби ефективного використання базових інтелектуальних механізмів.

Тому **метою даної статті** є розробка інтелектуального механізму в формі зворотного зв’язку між вихідними та вхідними параметрами технологічного процесу буріння на основі оперування з функціями доцільності для вираження корисності відповідних технологічних впливів, що отримуються від встановлення значень керованим параметрам технологічного процесу буріння.

Постановка проблеми. Для заданої послідовності керованих параметрів технологічного процесу буріння:

$$tcp_1, tcp_2, ..., tcp_n,$$

де n – кількість керованих параметрів технологічного процесу ($n \in N$) , побудувати моделі оцінок множини технологічних рішень:

$$Sol_1, Sol_2, ..., Sol_m,$$

де m – кількість технологічних рішень ($m \in N$), при заданій кількості керованих параметрів, що визначають режими буріння, а також побудувати моделі оцінок множини технологічних впливів на основі вихідних параметрів.

Ґрунтовність аналізу процесу прийняття рішень неможлива без введення можливісних характеристик рішень та суджень в термінах можливісності та ймовірності. Якщо учасник підтримки прийняття рішень (ППР) буде абсолютно впевнений щодо появи певного часткового класу покриття предметної області, що розглядається як подія в теорії аналізу рішень (в досліджуваному випадку такою подією є виконання встановлення значень керованих змінних в процесі буріння), то тоді рішення, пов’язане з присвоєнням на основі даного класу, є таким, що його легко прийняти, більше того, навіть без потреби розгляду наслідків можливих помилкових класифікацій. Концепція теорії ймовірностей розглядається як механізм обробки таких невизначеностей і розглядувані класифікаційні процедури забезпечують цінну статистичну інформацію для задачі даного класу.

Прийняття рішень в контексті отримання віддалених даних від давачів потребує присвоєння об’єктам певних класів і можливих базових дій щодо припущення про

присутність або відсутність класів інформації, що, в свою чергу, базується на теорії імовірності, яка включається як один з фундаментальних компонентів СІППР. З метою розширення розуміння процесу прийняття рішень розглянемо рис. 1.

Рис. 1 визначає множину подій (як встановлення значень керованих змінних), що позначається символами tcp.

Для процедури прийняття рішень із заданою чутливістю як список подій, так і множина рішень повинні бути унікальними і повними, так наче ми виходимо з припущення, що тільки одне рішення базується на одному входженні і приймається тільки після ґрунтовного розгляду всього діапазону подій.

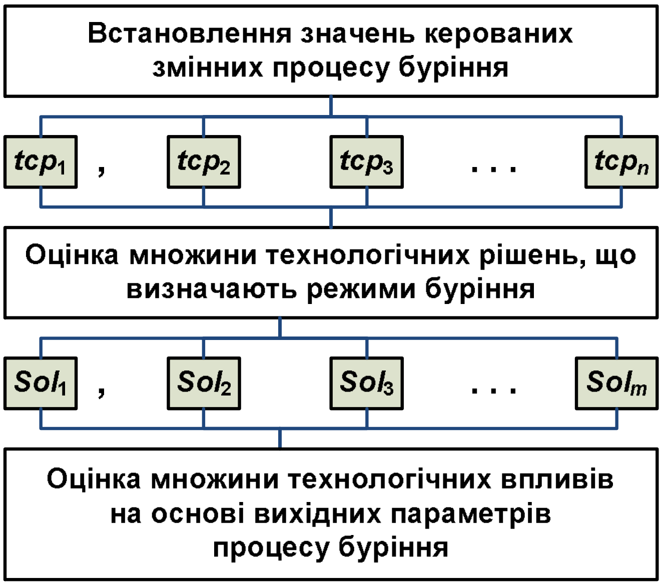


Рисунок 1 – Структура пропонованої методології прийняття рішень в процесі буріння

При такому підході слід виконувати розрізнення між змінними рішення і змінними шансу рішення, а саме: 1) змінна рішення означається як змінна, що представляє конкурентні рішення або дії, що можуть бути виконані в контексті поточної проблеми; 2) шансові змінні посилаються на змінне представлення істинних станів предметної області (подій), при чому значення таких змінних не може обиратися учасником ППР.

Таким чином, в термінах доцільностей для рішення Sol_j виконання присвоєння класу $Class_j$ до об'єкта задаватиметься формулою:

$$\begin{cases} ut\left(Sol = Sol_j \wedge Class = Class_j\right) = 1 \text{ для всіх } j = 1, ..., n_1 \ (n_1 \text{ є числом класів}) \\ ut\left(Sol = Sol_j \wedge Class = Class_i\right) = 0 \text{ для всіх } i,\ j = 1, ..., n_1 \text{ та } i \neq j \end{cases}$$

Додаткові знання можуть покращувати імовірнісні значення входження часткового класу, що, проте, робитиме процес більш затратним, а саме зменшення невизначеності шляхом включення додаткових знань про процес буріння дозволяє підсилити процес прийняття рішень, але вимагатиме додаткових затрат, що необхідні для збору кращих, більш актуальних даних або часу, що потрібний на підготовку таких додаткових даних. Доцільності змінюються при збільшенні таких затрат і зростаючі значення ймовірностей не завжди є результатом вищих значень доцільностей як можливих несприятливих наслідків, що в цілому може перевищити початковий позитивний ефект від включення додаткових знань про технологічний процес.

Нехай маємо послідовність керованих змінних (технологічних параметрів) процесу буріння виду:

$$tcp_1, tcp_2, ..., tcp_n, \tag{1}$$

де n – кількість параметрів, $n \in N$.

Досліджувана послідовність дій щодо підтримки прийняття оптимальних рішень в технологічному процесі буріння матиме вигляд:

1. Виконання присвоєння ймовірних значень керованим параметрам технологічного процесу, які в загальному випадку розглядаються як невизначені.

Нехай виділеній послідовності технологічних параметрів в момент прийняття рішення присвоюється послідовність значень $(v_1, v_2, ..., v_n)$, при чому кожне v_i, ($1 \le i \le n$) характеризується ймовірнісним значенням CF_i, ($0 \le CF_i \le 1$), а саме $[v_i : CF_i]$. В даному випадку значення CF_i характеризує ймовірність встановлюваного значення керованого параметру з точки зору його відповідності деякій очікувано ідеальній установці в формі оптимального значення, що може бути вибрано для встановлення поточного значення керованого параметра.

Відповідно, базове представлення (1) можна розширити у вигляді:

$$\{tcp_1 : [v_1 : CF_1], tcp_2 : [v_2 : CF_2], ..., tcp_n : [v_n : CF_n]\},$$

або в формі скороченого представлення:

$$\{tcp_i : [v_i : CF_i]\}_{n \in N}^{1 \le i \le n}.$$

2. Виконання присвоєння значень доцільності можливим очікуваним технологічним впливам від встановлення керованим змінним ймовірних значень.

Для формальної імплементації п. 2 будемо виходити з відомої технологічної залежності, яка говорить про те, що вплив кожного керованого технологічного параметра на весь процес буріння залежить від встановлених значень інших параметрів [4].

Позначатимемо даний факт впливу для *i*-го параметра представленням:

$$tcp_i \longrightarrow TP,$$

де TP – технологічний процес буріння нафтових і газових свердловин.

Згідно з формулюванням п. 2, нехай технологічному параметру tcp_i встановлено деяке значення v_i, $(tcp_i : v_i)$, що матиме своїм наслідком зміну впливів всіх інших параметрів на процес буріння, що позначимо як:

$$tcp_j \Big|_{[tcp_i : v_i]} \xrightarrow{[tcp_i : v_i]} TP, \ i \ne j, \ i, j \in [1..n].$$

Оцінюватимемо доцільність такого впливу представленням:

$$ut_{|tcp_i : v_i}^{[tcp_j \longrightarrow TP]}, \ i \ne j, \ i, j \in [1..n].$$

Тоді отримаємо представлення виду:

$$tcp_j \Bigg|_{[tcp_i : v_i]} \xrightarrow[ut_{|tcp_i : v_i}^{[tcp_j \longrightarrow TP]}]{[tcp_i : v_i]} TP, \ 0 \le ut_{|tcp_i : v_i}^{[tcp_j \longrightarrow TP]} \le 1. \tag{2}$$

Враховуючи імовірний та вірогідний характер присвоєння значень, про що говорилось в п. 1, формулу (2) можна переписати у вигляді:

$$tcp_j \Bigg|_{tcp_i:[v_i:CF_i]} \xrightarrow[ut\left[tcp_j \longrightarrow TP\right]_{|tcp_i:[v_i:CF_i]}]{tcp_i:[v_i:CF_i]} TP \,. \qquad (3)$$

3. Вибір технологічного рішення, що максимізує очікувану доцільність технологічних впливів від встановлення керованим змінним ймовірнісних значень.

Формула (3) при $1 \le j \le n$ генеруватиме відповідні значення доцільності наслідків в формі впливів керованих змінних на процес буріння. При формуванні рішення $Sol(TP)$ необхідне досягнення максимізації очікуваної доцільності наслідків у формі технологічних впливів:

$$Sol(TP) = \max_{i=1..n}\left[\sum_{j=1}^{n} ut^{tcp_j \longrightarrow TP}_{|tcp_i:[v_i:CF_i]}\right] \qquad (4)$$

Очевидно, формалізацію п. 3 слід розглядати на деякому наборі підстановок змінних у формі кортежів з n входжень для скінченного k, ($k \in N$), тобто перестановок виду:

$$\begin{bmatrix} (v_1^1,\ v_2^1,\ \ldots,\ v_n^1) \\ (v_1^2,\ v_2^2,\ \ldots,\ v_n^2) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ (v_1^{n^k}, v_2^{n^k}, \ldots, v_n^{n^k}) \end{bmatrix}.$$

Нехай для набору технологічних параметрів ($tcp_1, tcp_2, \ldots, tcp_n$) існують діапазони значень ($D_1, D_2, \ldots, D_n$), на які накладаються обмеження ($C_1, C_2, \ldots, C_n$), тоді пошук рішення $Sol(TP)$ здійснюється в системі:

$$ConstrSyst(C_1, C_2, \ldots, C_n).$$

Тоді можна стверджувати, що деяка підстановка $v^i = (v_1^i, v_2^i, \ldots, v_n^i)$ є шуканим оптимальним рішенням, якщо вона задовольняє накладену систему обмежень, тобто:

$$v^i = (v_1^i, v_2^i, \ldots, v_n^i) \models ConstrSyst\,.$$

З даного погляду формула (4) для $Sol(TP)$ є частковим випадком, який може бути узагальнений у вигляді:

$$Sol^{opt.}(TP) = \max_{k=1..n^k}{}^{ut}\left[Sol^k(TP)\right] = \max_{k=1..n^k}\left[\sum_{i=1}^{n}\left[\sum_{j=1}^{n} ut^{tcp_j \longrightarrow TP}_{|tcp_i:\left[v_i^k:CF_{v_i^k}\right]}\right]\right].$$

Створена система є системою класу IDSS \ СІППР (Intelligible decision support system \ система інтелектуальної підтримки прийняття рішень), що забезпечує інтелектуальну підтримку прийняття рішень щодо оптимізації параметрів буріння нафтових і газових свердловин на основі використання цільових функцій для позначення доцільностей вихідних технологічних параметрів згідно з базовою схемою, пред-

ставленою на рис. 2. В результаті, система забезпечує інтелектуальну підтримку прийняття рішень при встановленні значень керованих параметрів технологічного процесу буріння.

Процес міркувань експертів (операторів процесу буріння) можна розглядати як випадок розподіленої проблеми задоволення обмежень, в якій обмеження кожної частини є розділеними між інтелектуальними складовими, що виконують обмін інформацією з метою пошуку рішення, що задовольняє всі накладені обмеження. Відповідно в процесі побудови узгоджень щодо висновку виконується ітеративний обмін преференційними рішеннями у формі пропозиційних тверджень з відповідним послабленням їх преференцій та обмежень відповідно до типових евристичних стратегій, доки не буде задоволено всі обмеження і досягнуто загального узгодження стратегії.

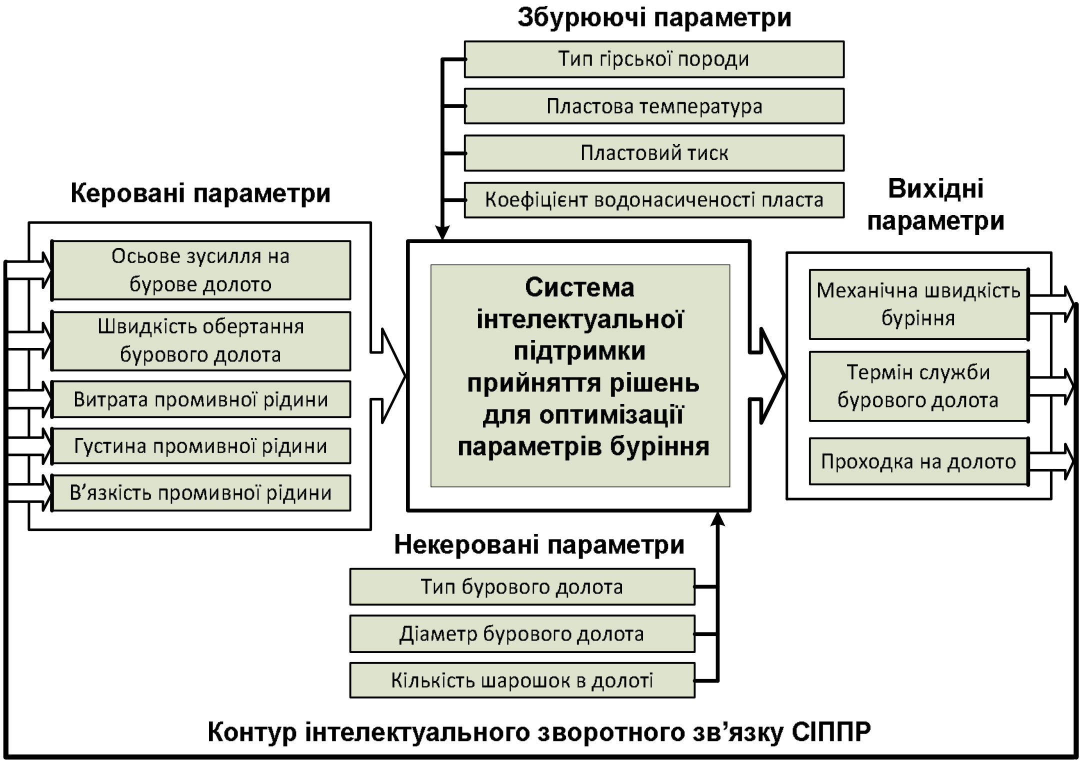


Рисунок 2 – Структурна схема моделі прийняття оптимізаційних рішень в процесі буріння нафтових і газових свердловин роторним способом

З точки зору моделі на основі імовірнісної теорії прийняття рішень, невизначеність щодо наслідків (технологічних впливів) деякого рішення Sol моделюється розподілом ймовірностей $pd : V^{Set} \to [0,1]$, що виконує присвоєння кожному можливому стану (в нашому випадку набору значень $\{v_1, v_2, ..., v_n\} \in V^{Set}$ керованих змінних процесу буріння $\{tcp_1, tcp_2, ..., tcp_n\}$, де n – кількість керованих змінних, $n = 5$, а саме: p_1 – осьове зусилля на долото, p_2 – швидкість обертання бурового долота, p_3 – витрата промивної рідини, p_4 – густина промивної рідини, p_5 – в'язкість промивної рідини; де після виконання присвоєння отримується, що $\{tcp_1 = v_1, tcp_2 = v_2, ..., tcp_n = v_n\}$) певного імовірнісного значення. Відповідно преференції експертів, що приймають рішення, представляються функцією доцільності $uf : V^{Set} \to [0,1]$. Якщо розподіл

ймовірностей будується для кожного з можливих рішень, то тоді очікувана доцільність може бути обчислена для кожного з цих рішень, згідно з формулою:

$$ut^{Sol} = uf(Sol) = \sum_{v_i \in V^{Set}} \left[pd(v_i) uf(v_i) \right]_{i=1..l, l \in N},$$

де $v_i = (v_1^i, v_2^i, ..., v_n^i)$.

Відповідно для максимізації результату слід вибирати рішення з найвищою очікуваною доцільністю.

В деяких ситуаціях при бурінні свердловин технологічна інформація може не бути достатньою для побудови ймовірнісного розподілу. Тому одним з альтернативних підходів у даному випадку є застосування можливісної теорії [10]. Базова ідея теорії можливостей зводиться до розподілу можливостей, який є відповідником для розподілу ймовірностей в класичному підході. Розподіл можливостей $psd : V^{Set} \to [0,1]$ виконує присвоєння до кожного можливого результату рівня його вірогідності (правдоподібності, достовірності). Різниця між ймовірністю і можливістністю полягає в тому, що перша концепція, як правило, представляє міру частоти появи певної події, а друга характеристика є мірою екстенту (протяжності, обсягу) до якого певна подія може траплятися. Як і в попередньому підході, функція доцільності $uf : V^{Set} \to [0,1]$ також повинна бути специфікована. Оптимальне рішення може бути вибране відповідно до деякого оптимістичного і песимістичного критеріїв.

$$Sol^{Opt.}(psd \mid uf) = \left[\min_{v_i \in V^{Set}} \max\left(\left(psd(v_i) \right), uf(v_i) \right) \right]_{i=1..l},$$

$$Sol^{Pes.}(psd \mid uf) = \left[\max_{v_i \in V^{Set}} \min\left(\left(psd(v_i) \right), uf(v_i) \right) \right]_{i=1..l}.$$

Класичні задачі представлення задоволення обмежень (CSP) розглядають обмеження, які можуть бути точно визначені і повністю задоволені, що в той же час суттєво звужує застосовність такої формальної методики в задачах фактичних предметних областей, в яких рішення проблем узгоджень вимагає, щоб преференції обмежень задавались в неточній та м’якій формі. Відповідно такі припущення в базових формалізмах можуть бути пом’якшені шляхом введення концепції нечітких обмежень, що дозоляють виражати ступінь задоволення обмежень різними рішеннями, що може бути використано для уніфікованого представлення обмежень, преференцій і цілей для сторін, що потребують узгоджень (наприклад, для групи експертів, що приймають рішення).

Нечіткі обмеження [11] розглядаються як нечіткі відношення в полі проблем узгоджень щодо прийняття рішень і представляються відповідно функціями належності, що визначають ступінь задоволення обмеження на множині можливих узгоджень та відповідних релевантних інстанціацій. Відповідно якщо присвоєння задовольняє деяке обмеження повністю, то воно оцінюється значенням 1. Якщо порушує обмеження, то воно оцінюється значенням 0. Проміжні значення з проміжку $[0,1]$ представляють ступені часткового задоволення обмежень. В загальному випадку нечітке відношення, що представляє множину обмежень накладену на певну інтелектуальну сутність може бути означене таким чином:

$$Constr^i\left(\left[v_j \right]^i \right) = \bigwedge_{l=0,...,m_i} \left[Constr_l^i \left(\left[v_j \right]^i \right) \right],$$

де $Constr^i\left(\left[v_j\right]^i\right)$ є нечіткими відношеннями, що відповідають накладеним множинам обмежень $\left[Constr^{Set}\right]^i = \left\{Constr_l^i\right\}, l = 1,...,m_i$ для i-ї інтелектуальної сутності, що визначається набором значень керованих параметрів ($v_j = (v_1^j, v_2^j, ..., v_n^j)$, де $n = 5,\ j = 1..j_{\max}, j_{\max} = card\left[V^{Set}\right]$, V^{Set} – множина допустимих наборів значень керованих параметрів буріння); $\wedge$ є оператор кон'юнктивної комбінації (нормований по мінімальних значеннях). Відповідно пошук узгодження, що задовольняє обмеження всіх інтелектуальних сутностей (учасників процесу прийняття рішень) представлятиметься у вигляді:

$$Constr^{Set}(v_j) = \wedge_i\left[Constr_i^{Set}(v_j)\right],$$

що виражається через обмін преференційними рішеннями учасників відповідно до рівня задоволення накладених обмежень. Такий пошук типово керується на основі стратегії узгоджень, що має кожна зі сторін і які зводяться до правил генерації пропозицій, що виконуються на основі прийняття до розгляду інформації, доступної учаснику процесу прийняття рішень, що включає також індивідуальні преференції, обмеження та цілі, а також попередні пропозиції і контрпропозиції. Відповідно принципи міркувань на основі нечітких обмежень можуть допомогти процесу пошуку шляхом впорядкування і можливих відтинань просторів пошуку для учасників процесу прийняття рішень і відповідно пошуку рішення, що максимізує рівні задоволення з урахуванням їх прийнятності з боку інших учасників.

Оцінка імовірності схильності учасника СІППР щодо узгодження в формі розподілу можливостей базується на експертному досвіді. У даному випадку міркування базується на можливісних правилах виду: «Чим більш схожі технологічні ситуації, тим більш можливими є схожі результати у вигляді значень технологічних параметрів». Такий підхід відображається формулою виду:

$$mf(v_j^1) = \max_{\left(v^i, c^i\right) \in KB}\left[V_R^{Set}\left(v^{cur}, v^i\right)\right] \otimes \left[Consq_R^{Set}\left(c^i, v_j^1\right)\right],$$

де V_R^{Set} та $Consq_R^{Set}$ є відношеннями схожості для станів, що визначаються наборами значень керованих параметрів та результатів в формі технологічних впливів, $\otimes$ – нормалізований оператор мінімальності, KB – набір описів попередніх випадків в формі бази знань, v^{cur} – набір значень керованих параметрів для поточного стану i-го контексту, c^i – результат у формі технологічних впливів для контексту i-го стану. Отримана в результаті функція mf є монотонною стосовно вибраного рішення. Дана функція агрегується з функцією доцільності uf з метою визначення оптимального рішення згідно з підходом можливісної теорії прийняття рішень.

Відповідно процес прийняття рішення проходить стадії, які ранжуються від етапу ідентифікації проблеми і її класифікації до етапів спрощення припущень, формування колекції даних, формулювання моделі, генерації альтернатив рішення, оцінювання, вибору, а також валідації моделі і її верифікації і тестування запропонованого рішення до деякого кінцевого набору, що буде описувати процес імплементації.

Основне завдання етапу проектування полягає в застосуванні знань для пошуку рішень відповідних проблем з наступною оптимізацією цих рішень в рамках фреймворку, утвореного вимогами і обмеженнями, встановленими на основі умов середовища

та умов, пов’язаних з експертами. Процес проектування слід розглядати як процес перетворення інформації, що характеризує інформаційні потреби і вимоги для певного програмного продукту в знання про цей продукт. Базуючись на концепції проектування на основі прийняття рішень, процес оцінки проектування системи може бути виражений таким чином: $\{KB\} = RT\left(In^{source}\right)$, де KB – вихідні знання, In^{source} – вхідна інформація і RT – відношення перетворення. Отже, підтримка процесу прийняття рішень, інтенсифікована знаннями, стає більш критичною в процесі проектування і розпізнається як ключова особливість технології для збереження її переваг.

Як тільки дана задача досягнута, необхідно перевірити знайдені альтернативи проектування по відношенню до накладених критеріїв. В результаті ми можемо говорити про багатокритеріальну проблему прийняття рішень. Одним з відомих методів багатокритеріального прийняття рішень є традиційна процедура обчислення зваженого (тобто з ваговими коефіцієнтами CW (*Weight Coeficient))* середнього рейтингу $Rate_i^{aver.}$ шляхом аналізу значень або вартісного аналізу:

$$Rate_i^{aver.} = \sum_{j=1}^{k_2}\left(CW_j^{Crt_j} Rate^{ij}\right) / \sum_{j=1}^{k_2} CW_j^{Crt_j}\ , \qquad (5)$$

де: $i = 1, 2..., k_1$, $j = 1, 2, ..., k_2$; $Rate^{ij}$ позначає вагову корисність набору значень $v_i = (v_1^i, v_2^i, ..., v_n^i)$ відповідно до критеріїв Crt_j; $CW_j^{Crt_j}$ позначає важливість критерію Crt_j щодо оцінювання наборів значень керованих змінних. Таким чином, чим вищим є значення $Rate_i^{aver.}$, тим кращою є загальна агрегована ефективність процесу буріння.

Тим не менше, наведена вище класична процедура не є застосовною для ситуацій, в яких існує невизначеність та в яких доступна інформація характеризується неповнотою. Наприклад, входження виду «дуже», «достатній», «недостатній» утворюватимуть деяку нечітку множину. Розглянемо випадок нечіткого ранжування в термінах оцінки множини з $j_{\max}$ наборів значень.

$$V^{Set} = \left\{\left\{v_1^1, v_2^1, ..., v_n^1\right\}, \left\{v_1^2, v_2^2, ..., v_n^2\right\}, ..., \left\{v_1^{j_{\max}}, v_2^{j_{\max}}, ..., v_n^{j_{\max}}\right\}\right\}_{n=5},$$

або

$$V^{Set} = \left\{\left\{v_1^j, v_2^j, ..., v_n^j\right\}_{j=1..j_{\max}}^{n=5}\right\}$$

є нечіткою множиною на множині з n-критеріїв $Crt^{Set} = \left\{Crt_1, Crt_2, ..., Crt_n\right\}$, що повинні бути оцінені. Припустимо, що нечітке ранжування $Rate_{ij}^i$ по відношенню до певної множини наборів V_j^{Set} ($V_j^{Set} \subseteq V^{Set}$) значень керованих змінних $\left\{v_1^i, v_2^i, ..., v_n^i\right\}_{n=5}$ характеризується функцією належності $mf_{Rate_{ij}^2}\left(Rate_{ij}^1\right)$, де $Rate_{ij}^1, Rate_{ij}^2 \in R$ і множина вагових значень $\underset{\sim}{CW}^{Set} = \left\{\underset{\sim}{CW}^1, \underset{\sim}{CW}^2, ..., \underset{\sim}{CW}^n\right\}$ є нечіткими лінгвістичними змінними, що характеризуються як $mf_{\left[\underset{\sim}{CW}^j\right]^{Set}}\left(\underset{\sim}{CW}^j\right), \underset{\sim}{CW}^j \in R$. Розглянемо функцію відображення $f_i(\underset{\approx}{CW}^i) : R \to R$, яку означимо співвідношенням:

$$f_i\left(\underset{\approx}{CW}^i\right) = \sum_{j=1}^{n}\left(\underset{\sim}{CW}^j \wedge^\circ \underset{\sim}{Rate}^{ij}\right) / \sum_{j=1}^{n}\left[\underset{\sim}{CW}^j\right],$$

де: $\wedge^{\circ}$ є оператором обчислення для отримання мінімального значення. Таким чином, через відображення $f_i\left(\overline{CW_{\approx}^{i}}\right): R \to R$, нечітка множина $\left[CW_{\approx}^{i}\right]^{Set}$ індукує множину нечіткого ранжування $Rate_{\sim}^{i}$ з функцією належності виду:

$$mf_{\left[Rate_{\sim}^{i}\right]^{Set}}\left(Rate_{\sim}^{i}\right) = \sup_{\left[\overline{CW_{\sim}^{i}}\right]^{Set} f\left(CW_{\approx}^{i}\right)=Rate_{\sim}^{i}} mf_{\left[CW_{\approx}^{i}\right]^{Set}}\left(CW_{\approx}^{i}\right),\ Rate_{\sim}^{i} \in R .$$

Кінцеве нечітке ранжування наборів значень керованих параметрів $v_i = \left\{v_1^i, v_2^i, ..., v_n^i\right\}$ може бути охарактеризовано даною функцією належності. Проте такий спосіб обчислення не означає наявності набору з оптимальним (ефективним) значенням $mf_{\left[Rate_{\sim}^{i}\right]^{Set}}(Rate_{\sim}^{i})$, що очевидно є кращим значенням. Для подальшого представлення двох виділених нечітких множин можуть бути застосовані такі характеристичні процедури: 1) зумовлена нечітка множина позначається функцією належності виду:

$$mf_{I/R}\left(i \mid Rate_{\sim}^{1},...,Rate_{\sim}^{m}\right) = \begin{cases} 1 & \text{якщо} \quad Rate_{\sim}^{i} > Rate_{\sim}^{k}, \forall k \in (1,2,...,m) \\ 0 & \text{у всіх інших випадках} \end{cases};$$

2) нечітка множина проектується з функції належності виду:

$$mf_R\left(Rate_{\sim}^{1}, ..., Rate_{\sim}^{m}\right) = \wedge_{i=1,...,m}^{\circ} mf_{\left[Rate_{\sim}^{i}\right]^{Set}}\left(Rate_{\sim}^{i}\right).$$

Таким чином, комбінування двох даних нечітких множин індукує відповідну нечітку множину, в якій можна визначити кращі альтернативи проектування з найвищим кінцевим ранжуванням виду:

$$mf_I(i) = \sup_{Rate_{\sim}^{1},...,Rate_{\sim}^{m}} mf_{I/R}\left(i \mid Rate_{\sim}^{1},...,Rate_{\sim}^{m}\right) \wedge^{\circ} mf_R\left(Rate_{\sim}^{1},...,Rate_{\sim}^{m}\right).$$

Таким чином, нечітке ранжування для наборів значень керованих параметрів є відповідно більш гнучким і дозволяє краще представляти невизначеність.

Висновки

Таким чином, у даній статті представлена розроблена технологія прийняття оптимальних рішень у вигляді генерації системою наборів значень керованих змінних процесу буріння нафтових і газових свердловин. Механізм пошуку оптимальних рішень функціонує на основі оперування з цільовими функціями обчислення доцільностей вихідних технологічних параметрів, що забезпечує інтелектуальну підтримку прийняття рішень при встановленні значень керованих параметрів технологічного процесу в рамках контуру інтелектуального зворотного зв’язку, які задовольняють всім накладеним на технологічні параметри множинам, системам та ієрархіям обмежень.

Література

1. Демчина М.М. Розробка структури інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень в процесі буріння / М.М. Демчина // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем : матеріали X ювілейної міжнар. наук.-практ. конф., 21 – 23 листопада 2012 р. – Дніпропетровськ, 2012. – С. 156.

2. Michel R. Klein. Knowledge-Based Decision Support Systems: With Applications in Business / Michel R. Klein, Leif B. Methlie // 2nd John Wiley & Sons, Inc. – New York, USA, 1995. – 674 p.
3. Herrera F. A model of consensus in group decision making under linguistic assessments / F. Herrera, E. Herrera-Viedma, J.L. Verdegay // Fuzzy Sets and Systems. – 1996. – V. 78. – P. 73-87.
4. Lindley D.V. Making Decisions / Lindley D.V. – 2nd Edition // Publisher: Wiley. – 1991. – April 5. – 220 p.
5. Семенцов Г.Н. Автоматизація процесу буріння свердловин / Семенцов Г.Н. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 1998. – Ч. 1. – 300 с.
6. Горбійчук М.І. Оптимізація процесу буріння глибоких свердловин : [монографія] / М.І. Горбійчук, Г.Н. Семенцов. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2003. – 493 с.
7. Gorte B.G.H. Decision-analytic interpretation of remotely sensed data / B.G.H. Gorte, L.C. van der Gaag, F.J.M. van der Wel // Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling (Delft) / in M.J. Kraak & M. Molenaar (eds.). – Columbia : International Geographical Union, 1996. – Vol. 2. – P. 1-10.
8. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации и принятия решений / Черноруцкий И.Г. – СПб. : Лань, 2001. – 398 с.
9. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения / Штойер Р. – М. : Радио и связь, 1992. – 330 с.
10. Didier Dubois. Possibility Theory, Probability Theory and Multiple-Valued Logics: A Clarification / Didier Dubois, Henri Prade // Annals of Mathematics and Artificial Intelligence archive. – 2001. – August. – V. 32. I. 1-4. – P. 35-66.
11. Luo X. A Fuzzy constraint based model for bilateral multi-issue negotiation in semi-competitive environments / Luo X, Jennings NR, [et al] // Artificial Intelligence. – 2003. – V. 148 (1-2). – P. 53-102.

Literatura

1. Demchyna M.M. The structure exploration for intelligible system of decision making support in the well drilling process / M.M. Demchyna // Mathematical and software foundations of intelligible systems: in the Proc. Of X International scientific conference, 21–23 November 2012.– Dnipropetrovs'k, 2012 .–P. 156.
2. Michel R. Klein. Knowledge-Based Decision Support Systems: With Applications in Business / Michel R. Klein, Leif B. Methlie // 2nd John Wiley & Sons, Inc. – New York, NY, USA, 1995. – 674 pages.
3. Herrera F. A model of consensus in group decision making under linguistic assessments / F. Herrera, E. Herrera-Viedma, J.L. Verdegay // Fuzzy Sets and Systems, 1996. – V. 78. – P. 73-87.
4. Lindley D.V. Making Decisions / Lindley D.V. – 2nd Edition // Publisher: Wiley. – 1991. – April 5. – 220 p.
5. Sementcov G.N. Automation of well drilling process / Sementcov G.N. – Ivano-Frankivsk: IFNTUOG, 1998. – Part. 1. – 300 p.
6. Gorbiychuk M.I. Drilling optimisation of deep well: edited volume. / M.I. Gorbiychuk, G.N. Sementcov. – Ivano-Frankivsk: IFNTUOG, 2003. – 493 p.
7. Gorte B.G.H. Decision-analytic interpretation of remotely sensed data / B. G. H. Gorte, L. C. van der Gaag, F. J. M. van der Wel // Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling (Delft) / in M.J. Kraak & M. Molenaar (eds.). – Columbia: International Geographical Union, 1996. – Vol. 2. – P. 1-10.
8. Chernoruzkij I.G. The optimization methods and decision making / Chernoruzkij I.G. – Saint-Peterburg.: Lann, 2001. – 398 p.
9. Steuer R. Multi-criteria optimization. The theory, calculations and applications / Steuer R. – Moscow: Radio and communication , 1992. – 330 p.
10. Didier Dubois. Possibility Theory, Probability Theory and Multiple-Valued Logics: A Clarification / Didier Dubois, Henri Prade // Annals of Mathematics and Artificial Intelligence archive. – 2001. – August. – V. 32. I. 1-4. – P. 35 – 66.
11. Luo X. A Fuzzy constraint based model for bilateral multi-issue negotiation in semi-competitive environments / Luo X, Jennings NR, [et al] // Artificial Intelligence. – 2003. – V. 148 (1-2). – P. 53-102.

RESUME

M.M. Demcnyna, V.I. Sheketa, Y.L. Romanyshyn

The Intelligible System for Optimal Decision Making Support by Well Drilling

In the given paper the main features of decision making by wells drilling were explored, what allowed to outline such specifications as: means of decisions control, means of relevant knowledge's management, routines based on fuzzy data and knowledge's. As a result of such analysis there was stated that projected system of decision making support should be able to work with well structured, unstructured or semi-structured decisions that are based on selected parameters of technological process description. It is important that independently from the level of data structuring there is required the participation of technological process operator in the decision making. As an main expert method there was selected the system implementation based on knowledgebase in the form of crispy, fuzzy and possibilistic rules that allows providing interface content by interaction of the system with technological process operator of well drilling by solution of technological problems, the access support for relevant information, the structuring, classification and initialization of technological problems and the effective inference implementation. The cornerstone of created method is the tree-view model what provides the high level of analysis for uncertainties and utilities on the way of construction of best optimal solution on the set of parameters, through calculation of solution expected utilities for pre selected set of variables, what stipulates the choice as best solution the solution with best maximal value of expected utility. The functionality evaluation was presented for projected model of intelligible system for decision support by wells drilling. The created systems uses the list of predefined goals, which are the results of utility functions calculation.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2013.